University of Tehran

# Journal of Fisheries

Home Page: https://jfisheries.ut.ac.ir

Online ISSN: 2423-7809

# Effects of dietary-house cricket meal (*Acheta domesticus*) on growth, body biochemical composition and digestive activity of juvenile trout (*Oncorhynchus mykiss*)

**Hadi Asadi[1*] | Ayoub Yousefi Jourdehi[2] | Alinaghi Sarpanah[3] | Mir Hamed Seyed Hassanii[4]**

1. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: asadi.shil@gmail.com
2. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: ayoub2222002@yahoo.com
3. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: sarpanah5050@gmail.com
4. International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. Email: mirhamedhassani@yahoo.com

## ARTICLE INFO

**Article type:**
Research Article

**Article History:**
Received: 11 November 2025
Revised: 09 December 2025
Accepted: 28 January 2026
Published online: 20 February 2026

**Keywords:**
*Digestive enzyme,*
*Growth performance,*
*House cricket,*
*Insect protein.*

## ABSTRACT

In recent years, insect meal has been recognized as a new, sustainable and economical protein source by researchers and has attracted the attention of producers. The present study was conducted to investigate the effects of different levels of dietary- house cricket (*Acheta domesticus*) meal on growth performance, biochemical composition and digestive activity of rainbow trout fry. For the experiment, four diets with different amounts of 0% (control treatment), 25% (Ad25), 50% (Ad50) and 75% (Ad75) house cricket meal were formulated instead of fish meal. The diets were distributed in tanks in a completely randomized design in 4 treatments and three replications and 300 fish with an average initial weight (5.07±0.31 g) were distributed for 8 weeks and feeding was done three times a day until satiety. Physicochemical factors such as temperature, dissolved oxygen and pH were kept constant during the experiment. The results showed that the maximum final weight in the 50% treatment was 616.20±34.89% and a significant difference was observed between the zero, 25 and 75% treatments ($P$<0.05). In the 75% treatment, a significant decrease in growth and feed efficiency indices was observed compared to the control ($P$<0.05). The maximum protein content in the 50% treatment was also significantly different from the control. The fat and moisture content of the carcass in the experimental treatments were significantly different compared to control ($P$<0.05). The highest activity of protease and amylase enzymes recorded in fish fed the Ad50 diet. The results of this study showed that adding cricket meal instead of fish meal up to 50% can lead to the best growth performance, body biochemical compositions and digestive enzymes.

**Cite this article:** Asadi, H., Yousefi Jourdehi, A., Sarpanah, A., Seyed Hassanii, M.H. (2026). Effects of dietary-house cricket meal (*Acheta domesticus*) in the diet on growth, body biochemical composition and digestive activity of juvenile trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fisheries*, 79 (1), 39-50. DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2026.405989.1471

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2026.405989.1471

شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
سایت نشریه: https://jfisheries.ut.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۷۸۰۹-۲۴۲۳
دانشگاه تهران

# تأثیر پودر جیرجیرک خانگی (*Acheta domesticus*) در جیرهٔ غذایی بر رشد، ترکیب بیوشیمیایی بدن و فعالیت هضمی بچه‌ماهیان قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*)

**هادی اسدی[۱*] | ایوب یوسفی جوردهی[۲] | علینقی سرپناه[۳] | میرحامد سیدحسنی[۴]**

۱. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: asadi.shil@gmail.com
۲. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: ayoub2222002@yahoo.com
۳. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: sarpanah5050@gmail.com
۴. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: mirhamedhassani@yahoo.com

## اطلاعات مقاله

**نوع مقاله:**
پژوهشی

**تاریخ‌های مقاله:**
**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۸/۲۰
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۹/۱۸
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۱۱/۰۸
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۱۲/۰۱

**کلیدواژه:**
*آنزیم گوارشی،*
*پروتئین حشرات،*
*جیرجیرک خانگی،*
*عملکرد رشد.*

## چکیده

در سال‌های اخیر، پودرحشرات به‌عنوان یک منبع پروتئین نوین، پایدار و اقتصادی مورد تأیید محققان بوده، و توجه تولیدکنندگان را به‌خود جلب کرده است. مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف پودر جیرجیرک خانگی (*Acheta domesticus*) بر عملکرد رشد، ترکیب بیوشیمیایی و فعالیت هضمی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. برای انجام آزمایش چهار جیره با مقادیر مختلف، تیمار شاهد، ۲۵ درصد (Ad25)،۵۰ درصد (Ad50) و ۷۵ درصد (Ad75) پودر جیرجیرک خانگی به‌جای پودر ماهی فرموله شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار و سه تکرار انجام شد و تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه (۰/۳۱±۵/۰۷ گرم)، به‌مدت ۸ هفته در مخازن توزیع شدند و غذادهی سه بار در روز تا حد سیری انجام شد. شاخص‌های فیزیکو–شیمیایی مانند دما، اکسیژن محلول و pH در طول آزمایش فاقد ارتباط معنی‌دار بودند. نتایج نشان‌دهندهٔ حداکثر وزن نهایی در تیمار ۵۰ درصد بود (۳۴/۸۹ ± ۶۱۶/۲۰ گرم) و بین تیمار شاهد و تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P<0/05$). در تیمار ۷۵ درصد کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد ($P<0/05$). حداکثر مقدار پروتئین در تیمار ۵۰ درصد بود و همچنین مقادیر چربی و رطوبت لاشه در تیمارهای آزمایشی دارای تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بودند ($P<0/05$). نتایج میزان آنزیم‌های گوارشی نشان‌دهندهٔ بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آمیلاز در ماهیان تغذیه شده با جیره Ad50 بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد افزودن پودر جیرجیرک به جای پودر ماهی تا حد ۵۰ درصد می‌تواند بهترین عملکرد رشد، ترکیبات بیوشیمیایی بدن و آنزیم‌های هضمی را به‌دنبال داشته باشد.

**استناد:** اسدی؛ هادی، یوسفی جوردهی؛ ایوب، سرپناه؛ علینقی، سیدحسنی؛ میرحامد (۱۴۰۵). تأثیر پودر جیرجیرک خانگی (*Acheta domesticus*) در جیرهٔ غذایی بر رشد، ترکیب بیوشیمیایی بدن و فعالیت هضمی بچه‌ماهیان قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*). *نشریهٔ شیلات، مجله منابع طبیعی ایران*، ۷۹ (۱)، ۵۰-۳۹.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2026.405989.1471

© نویسندگان.
**ناشر:** مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2026.405989.1471

## ۱. مقدمه

با توجه به جمعیت انسان‌ها، برای حفظ سرانهٔ مصرف آبزیان تا سال ۲۰۳۰ به بیش از دویست میلیون تن غذای دریایی نیاز است و از آنجا که در دهه‌های گذشته تولیدات آبزی حاصل از فعالیت‌های صید و صیادی به‌مقدار ثابتی رسیده است، این کاهش باید از طریق آبزی‌پروری جبران شود (FAO, 2020). بیشتر ماهیان مورد استفاده در آبزی‌پروری، با غذای تجاری پرورش داده می‌شوند و تولید متراکم ماهیان گوشتخوار نیازمند استفاده از پودر ماهی با کیفیت، به‌عنوان مادهٔ اصلی جیره می‌باشد (Oliva-Teles *et al*., 2015). روند صعودی تولید خوراک آبزیان و افزایش تقاضا در تأمین مواد اولیه، موجب افزایش سریع قیمت پودر ماهی و روغن ماهی خواهد شد که برای غلبه بر این محدودیت‌ها تلاش‌های زیادی برای کاهش وابستگی تولیدکنندگان خوراک، به پودر ماهی انجام شده است (FAO, 2020).

در دهه‌های اخیر فعالیت‌های زیادی در استفاده از پروتئین‌های گیاهی در جیره‌های غذایی ماهیان، معطوف شده است (Galtin*et al*., 2007; Barrows *et al*., 2007; Oliva-Teles *et al*., 2015). اما ترکیبات اولیهٔ گیاهی دارای معایبی از جمله مقدار پروتئین نسبتاً اندک، خوش‌خوراکی پایین، وجود مواد ضدتغذیه‌ای (بازدارنده‌های تریپسین، آنتی‌ویتامین‌ها، فیتات و هماگلوتینین) و رقابت با سایر قسمت‌های صنعت غذا می‌باشند (Glencross *et al*., 2007; Galtin *et al*., 2007). به‌همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از منابع پروتئین جانوری، مانند حشرات، مورد توجه بسیاری از کارشناسان قرار گرفته است (Oliva-Teles *et al*., 2015) و مطالعات متعددی پیرامون استفاده از پودر حشرات به‌عنوان منبع تأمین‌کنندهٔ پروتئین و چربی در جیرهٔ خوراک آبزیان انجام شده است (Riddick *et al*., 2013; Van Huis *et al*., 2013). در طبیعت بسیاری از گونه‌های ماهیان از حشرات تغذیه می‌کنند (Riddick *et al*., 2013) و از طرفی حشرات اغلب به‌عنوان بخشی از جیرهٔ غذایی طبیعی ماهیان، یک منبع پایدار و غنی محسوب می‌شوند. رشد و تکثیر حشرات بسیار سریع و آسان است و بازدهٔ تبدیل خوراک به بافت آنها بالا بوده و می‌توانند به‌خوبی از مواد غذایی بازیافتی تغذیه کنند (Owens *et al*., 2024).

جیرجیرک خانگی یا Domestic cricket، از خانوادهٔ Gryllidae شاخهٔ بندپایان، ردهٔ حشرات و راستهٔ راست‌بالان، یکی از گونه‌های بومی در ایران می‌باشد که در مناطق گرم و معتدل کشور، به‌ویژه در نواحی روستایی و اطراف سکونتگاه‌های انسانی به‌صورت گسترده پراکنده شده‌اند و قابلیت پرورش در شرایط خانگی را دارند. در بسیاری از کشورهای آفریقا و شرق آسیا به‌عنوان غذای انسانی مصرف می‌شوند (Van Huis *et al*., 2013). در کشور ما نیز در شهرهای سیرجان و شهربابک طرفدار دارند. امروزه پودر جیرجیرک به‌عنوان یک منبع پروتئینی عالی برای جایگزینی پودر ماهی شناخته شده است و دارای ۵۵ تا ۶۲ درصد پروتئین، ۸ تا ۱۱ درصد چربی و ۶ درصد خاکستر می‌باشد (جدول ۱). در پروفایل اسید آمینهٔ پودر جیرجیرک، اسیدهای آمینه لوسین، لایزین، گلوتامیک اسید، گلایسین و سرین بسیار غنی است (Harinder *et al*., 2014). در سال‌های اخیرگزارش‌های زیادی در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین ارزان‌قیمت از جمله استفاده از منابع پروتئین حشرات ارائه شده است که می‌توان به مطالعهٔ Owens و همکاران (۲۰۲۴) در استفادهٔ همزمان پودر جیرجیرک خانگی*Acheta domesticus*، پودرسوسک زرد (*Tenebrio molitor*) و شب‌پرهٔ مومخوار *Galleria mellonella*، Alegbeleye و همکاران (۲۰۲۳) در جایگزینی پودرسوسک زرد (*Tenebrio molitor*) در جیرهٔ غذایی ماهی سی‌بس آسیایی (*Lates calcarifer*)، Asadi و همکاران (۲۰۲۲) در استفاده از سطوح مختلف پودر ملخ مهاجر پودر ملخ (*Locusta migratoria*)، Valipour و همکاران (۲۰۱۸)، جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف پودر سوسک زرد (*Tenebrio molitor*)، Hilaire و همکاران (۲۰۰۷) جایگزینی پودر لارو مگس سرباز در جیرهٔ بچه‌ماهیان قزل‌آلا و Alegbeleye و همکاران (۲۰۱۲)، استفاده از پودر ملخ *Zonocerus variegatus* در جیرهٔ بچه ماهیان گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) و همچنین پژوهش Taufek و همکاران (۲۰۱۶) بر اثرات جیرهٔ غذایی مبتنی بر پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) بر روی گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) اشاره کرد.

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از خانوادهٔ آزادماهیان (Salmonidae)؛ از گونه‌های پرورشی با ارزش اقتصادی بالا و پرطرفدار در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران تلقی می‌شود. سرعت رشد و ایمنی بالا با شرایط مختلف محیطی و رغبت فراوان بازار مصرف سبب افزایش تولید این گونهٔ اقتصادی در نقاط مختلف کشور شده است. جیرهٔ غذایی ماهی

قزل‌آلای رنگین‌کمان نیازمند مواد اولیه با پروتئین بالا مانند پودر ماهی می‌باشد و کمبود پودر ماهی و افزایش ناگهانی قیمت آن سبب افزایش هزینه‌های خوراک این گونهٔ ماهی شده است بنابراین این امر سبب شده است متخصصان، تحقیقات متعددی پیرامون استفاده از مواد اولیهٔ جایگزین (گیاهی و جانوری) انجام دهند. در این راستا علی‌رغم مطالعات مرتبط با پروتئین حشرات در خارج از کشور، موارد محدودی در داخل کشور انجام شده است و تاکنون مطالعه‌ای در استفاده از جیرجیرک خانگی در ایران مشاهده نشده است. این پژوهش با هدف ارزیابی اثرات مقادیر مختلف پودر جیرجیرک خانگی (*A. domesticus*) در جیرهٔ غذایی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و ارزیابی اثرات آن بر وضعیت رشد، بقاء و ترکیبات بیوشیمیایی بدن و آنزیم‌های هضمی لوله گوارش، انجام شد.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

### ۲-۱. شرایط پرورش

پژوهش حاضر به‌مدت ۸ هفته در مزرعهٔ شرکت نوین رشد نادین (مازندران، تنکابن، دوهزار) در خرداد ماه ۱۴۰۱ در قالب یک کار تحقیقاتی انجام گرفت. بچه‌ماهیان قزل‌آلای موجود در مزرعه، با وزن میانگین ۵/۰±۰۷/۳۱ گرم در ۱۲ استخر بتنی با حجم ۵۰۰ لیتر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و هرکدام ۳ تکرار و به‌تعداد ۳۰ قطعه در هر استخر توزیع شدند. در شرایط انجام آزمایش، شاخص‌های فیزیکو-شیمیایی مانند دمای آب (۱۷/۰۲±۰/۳۴ درجهٔ سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول (۶/۵۹±۰/۹۱ میلی-گرم در لیتر)، pH (۷/۰±۵۲/۱۲) یکسان بود. غذادهی ماهیان تاحد سیری و سه وعده در روز (ساعت‌های ۸ صبح، ۱۳ ظهر و ۱۸ عصر) انجام گرفت. تحقیق حاضر در سالن پرورش بچه‌ماهیان انجام شد و شرایط نوری مزرعه نیز براساس ۱۲ ساعت روشن و ۱۲ ساعت تاریک تنظیم شد.

### ۲-۲. ساخت جیره و طراحی آزمایش

جهت انجام آزمایش به مقدار لازم جیرجیرک خانگی از مزرعهٔ آروین (شهرصنعتی البرز، قزوین) تهیه شد. فرمول‌نویسی با استفاده نرم‌افزار لیندو و مطابق با نیاز غذایی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام گرفت (NRC, 2011). نمونه‌های جیرجیرک به‌مدت ۱۲ ساعت در دستگاه خشک‌کن با دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت تا به‌خوبی خشک (رطوبت زیر ۱۲ درصد) شوند. سپس به‌وسیلهٔ دستگاه آسیاب (اسنوآ، ساخت ایران) کاملاً پودری شد و سه نمونهٔ ۵۰ گرم جهت اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی جیره‌ها برداشته شد. در این مطالعه ۴ تیمار با ۳ تکرار طراحی شد و جیره‌های آزمایشی براساس سطوح جایگزینی صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد پودر جیرجیرک خانگی با پودر ماهی تعیین و ۴ جیره با مقادیر پروتئین، چربی و انرژی فاقد اختلاف معنی‌دار ساخته شد. مواد اولیهٔ تشکیل‌دهنده و مقدار درصد استفاده از هرکدام در جدول ۲ نشان داده شده است.

### ۲-۳. شاخص‌های رشد

پس از انجام فرآیند زیست‌سنجی، به‌مدت ۷ روز سازگاری با محیط جدید در استخرها انجام شد و هر دو هفته یکبار روند تغییرات وزن ماهیان یادداشت شد. در پایان آزمایش شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه برای تیمارهای مختلف محاسبه شدند. همچنین ۵ قطعه ماهی از هر استخر برداشت و به‌وسیلهٔ پودر گل میخک بیهوش شدند و جهت تعیین شاخص‌های کبدی و احشایی نمونه‌برداری و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

**جدول ۱**- ترکیب بیو شیمیایی پودر جیرجیرک خانگی

| ترکیب شیمیایی (درصد مادهٔ خشک) | پروتئین | چربی | کلسیم | فسفر | خاکستر |
|---|---|---|---|---|---|
| جیرجیرک خانگی | ۵۶/۶±۱/۷۶ | ۱۰/۵±۰/۸۵ | ۱/۲۴±۱/۳ | ۰/۲۵±۰/۱ | ۵/۸±۰/۶۵ |

**جدول ۲**- ترکیب مواد مورد استفاده و تجزیهٔ تقریبی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در تغذیه بچه ماهیان انگشت قد قزل آلای رنگین کمان

| ترکیبات جیره (درصد) | سطوح جایگزینی پودر جیرجیرک با پودر ماهی (درصد) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | صفر | ۲۵ | ۵۰ | ۷۵ |
| پودر ماهی*[۱] | ۵۰ | ۳۷/۵ | ۲۵ | ۱۲/۵ |
| پودر جیرجیرک | ۰ | ۱۲/۵ | ۲۵ | ۳۷/۵ |
| کنجاله سویا*[۱] | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| آرد گندم | ۱۵ | ۱۴/۹ | ۱۴/۸ | ۱۴/۸ |
| گلوتن ذرت* | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| روغن ماهی | ۵ | ۵/۱ | ۵/۲ | ۵/۲ |
| مکمل ویتامینه[۲] | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| مکمل معدنی[۳] | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| لسیتین[۴] | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| لایزین[۵] | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ |
| متیونین[۵] | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ |
| دی کلسیم فسفات[۴] | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ترکیب شیمیایی (درصد مادهٔ خشک) | | | | |
| رطوبت | ۹/۸ | ۹/۶ | ۹/۵ | ۹/۶ |
| پروتئین خام | ۴۶/۵ | ۴۶/۶ | ۴۶/۶ | ۴۶/۴ |
| چربی خام | ۱۵ | ۱۵/۴ | ۱۵/۳ | ۱۵/۱ |
| خاکستر | ۸/۸ | ۸/۹ | ۹/۱ | ۹ |
| عصارهٔ عاری از ذرت | ۳۴/۲۱ | ۳۳/۷۵ | ۳۳/۲۱ | ۳۲/۰۸ |
| انرژی ناخالص (کیلوکالری/کیلوگرم)[۶] | ۴۶۵۲ | ۴۶۰۱ | ۴۵۴۸ | ۴۵۶۳ |

[۱]شرکت خوراک ماهی پرشین فید (مازندران، نکا)

[۲]هر کیلوگرم مکمل ویتامینه (شرکت فارمازند، کرج، ایران) حاوی:۲۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$، ۵۰ گرم ویتامین E، ۳ گرم ویتامین $K_3$، ۶ گرم ویتامین $B_1$، ۸ گرم ویتامین $B_2$، ۱۲ گرم ویتامین B3، ۴۰ گرم ویتامین $B_5$، ۴ گرم ویتامین $B_6$، ۳ گرم ویتامین $B_9$، ۰/۰۰۸ گرم ویتامین $B_{12}$، ۰/۲۴ گرم ویتامین C، ۲۰ گرم ویتامین ال‌کارنیتین و ۰/۲ گرم ویتامین بیوتین، ۰/۲ گرم بتائین.

[۳]هر کیلوگرم مکمل معدنی (شرکت فارمازند، کرج، ایران) حاوی: ۶ گرم آهن، ۱۰ گرم روی، ۰/۰۲ گرم سلنیوم، ۰/۱گرم کبالت، ۶ گرم مس، ۵ گرم منگنز، ۰/۶ گرم ید، ۶ گرم کولین کلراید.

[۴]شرکت دانا دان نفیس (نکا، مازندران، ایران)

[۵] شرکت گلبار شیمی دانه (تهران، ایران)

[۶]محاسبه براساس هر کیلوگرم پروتئین خام حاوی ۵۶ کیلو کالری، هر کیلوگرم چربی خام حاوی ۹۰ کیلوکالری و هر کیلوگرم کربوهیدرات (عصارهٔ عاری از ازت) حاوی ۴۲ کیلوکالری انرژی ناخالص (New, 1987).

با توجه به استخراج داده‌ها، شاخص‌های رشد، شاخص کبدی و شاخص احشایی براساس فرمول‌های زیر محاسبه شد (Torstensen *et al*., 2008; Nogales Merida *et al*., 2011):

(K) شاخص چاقی = (وزن ماهی) / (طول کل[۳]) ×۱۰۰

(WG) درصد افزایش وزن بدن = (میانگین وزن اولیه ) / (میانگین وزن نهایی− میانگین وزن اولیه) × ۱۰۰

(SGR) ضریب رشد ویژه (درصد) = [(لگاریتم وزن نهایی ) − لگاریتم وزن اولیه) / (مدت زمان آزمایش ] ×۱۰۰

(FCR) ضریب تبدیل غذایی = (گرم) کل غذای خورده شده / (گرم) افزایش وزن کسب شده

(SR) بازماندگی (درصد) = (تعداد ماهیان انتهای دوره ) / (تعداد ماهیان ابتدای دوره ) × ۱۰۰

(PER) نسبت بازده پروتئین = [(گرم) افزایش وزن کسب شده / (گرم) پروتئین خورده شده ]

(LER) نسبت بازده چربی = [(گرم) افزایش وزن کسب شده / (گرم) چربی خورده شده ]

(HSI) شاخص کبدی = (وزن کبد) / (وزن بدن) × ۱۰۰

(VSI) شاخص احشایی (درصد) = (وزن احشاء و امعاء) / (وزن بدن) × ۱۰۰

*پودر ماهی (پروتئین ۵۵ درصد و چربی ۱۶ درصد)، کنجاله سویا (پروتئین ۴۳ درصد و چربی ۴ درصد) و گلوتن ذرت (پروتئین ۶۰ درصد و چربی۳ درصد)

### ۲-۴. تعیین آنزیم‌های گوارشی روده

بعد از اتمام آزمایش، فرآیند کالبدشکافی روی تعداد ۵ قطعه بچه‌ماهی از هر تکرار انجام شد. و بعد از برداشتن قسمت ابتدایی روده، نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد در فریزر نگهداری و جهت سنجش آنزیم‌های گوارشی به آزمایشگاه ارسال شدند. میزان فعالیت آنزیم آمیلاز به روش دستی با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی محاسبه شد. مقدار فعالیت آنزیم لیپاز به روش آنزیمی، کالیمتری با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (پارس آزمون، ایران، تهران) و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتری انجام گردید. طبق دستورالعمل شرکت تولیدکننده، آنزیم آمیلاز بر اساس روش Worthington (۱۹۹۳)، فعالیت آنزیم لیپاز به روش Iijima و همکاران (۱۹۹۸) و پروتئاز براساس روش Garcia-Carreno و همکاران (۱۹۹۳) اندازه‌گیری شد.

### ۲-۵. تعیین شیمیایی جیره‌های آزمایشی و ترکیبات تقریبی بدن

برای تعیین ترکیب تقریبی بیوشیمیایی بدن و جیره‌های آزمایشی از روش‌های مندرج در AOAC (۲۰۱۶) استفاده شد. در پایان دورهٔ پرورش، تعداد ۵ قطعه بچه‌ماهی از هر استخر به‌طور تصادفی گرفته شد. بدن ماهیان در دستگاه همزن خرد شد و ترکیب همگنی از تمام بخش‌های بدن به‌دست آمد. جهت تعیین درصد رطوبت، ترکیب همگن به‌دست آمده در دمای ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد (تا رسیدن به وزن ثابت) و در در دستگاه آون (لباون، تهران، ایران) خشک گردید. مادهٔ خشک حاصل شده تا زمان انجام سایر آزمایشات در فریزر ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد ذخیره شد. برای تعیین درصد پروتئین از روش کلدال (Hanon, Jinan, China)، جهت سنجش درصد چربی از دستگاه سوکسوله (بخشی، تهران، ایران) و حلال ان-هگزان و به‌منظور تعیین درصد خاکستر از سوزاندن نمونه‌ها در کورهٔ الکتریکی (آتبین، تهران، ایران) در دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت استفاده گردید.

### ۲-۶. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۰ انجام گرفت. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد. برای تشخیص اختلاف میانگین بین تیمارهای مختلف از آزمون واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده گردید. برای تعیین همگن بودن واریانس با استفاده از آزمون لون (Levene) و به‌منظور تعیین سطح معنی داری میانگین ها از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد (Jozefiak, 2019). سطح معنی‌دار بودن در این مطالعه، ۵ درصد ($P\leq$۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

## ۳. یافته‌های پژوهش

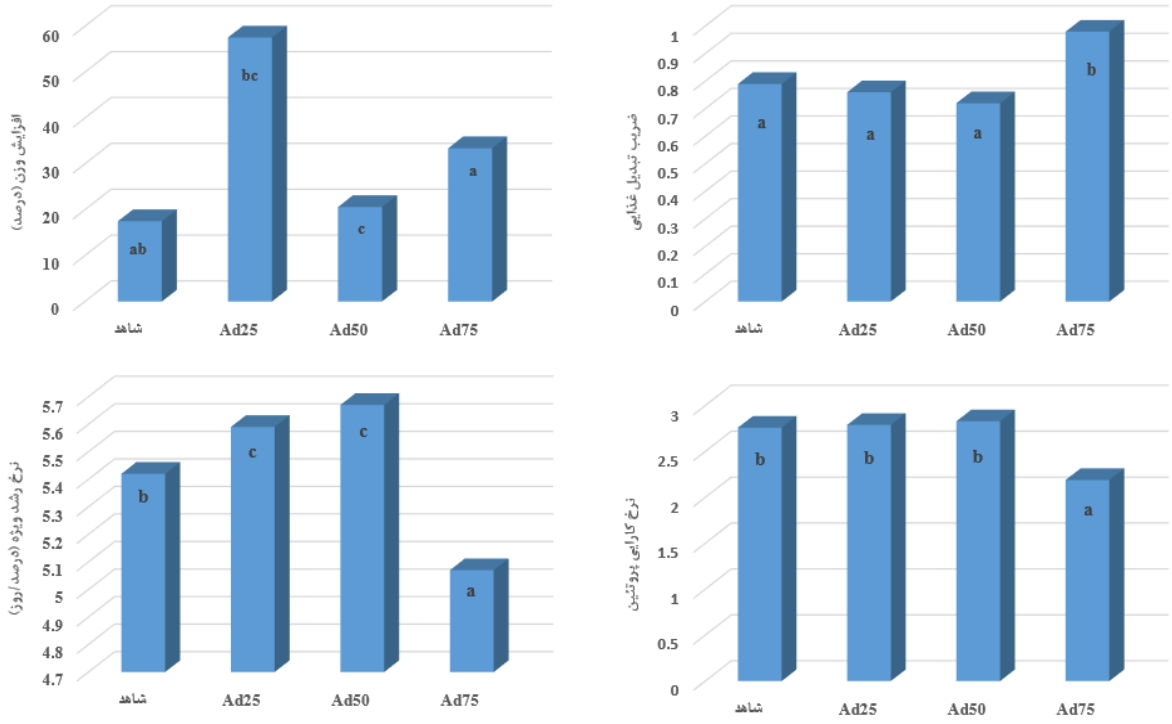
### ۳-۱. شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه

نتایج حاصل از فشاخص‌های رشد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایش، در جدول ۳ ارائه شده است. بر این اساس، نتایج نشان داد شاخص‌های چاقی، احشایی و شاخص کبدی و همچنین درصد بقا تحت تأثیر تیمارهای با سطوح مختلف جایگزینی پودر جیرجیرک قرار نگرفتند و بین جیره‌های آزمایشی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>$۰/۰۵). فاکتورهای افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین و نرخ کارایی چربی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر جیرجیرک قرار گرفتند ($P<$۰/۰۵). در تیمار ۷۵ درصد، میزان درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه نسبت به سایر تیمار به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<$۰/۰۵). مقدار میانگین وزن نهایی در تیمار ۵۰ درصد پودر جیرجیرک، نسبت به تیمار ۷۵ درصد به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($P<$۰/۰۵). همچنین نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرده بود ($P<$۰/۰۵). بیشترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۷۵ درصد مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود ($P<$۰/۰۵). در نمودار شکل ۱، اختلاف معنی دار افزایش وزن، ضریب تبدیل غذا، نرخ رشد ویژه و نرخ کارایی پروتئین ارائه شده است. اختلاف معنی‌داری در نرخ کارایی پروتئین و چربی در تیمار ۷۵ درصد نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد اما مقادیر آن در تیمارهای شاهد، ۲۵ و ۵۰ درصد نزدیک به هم بود و اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P>$۰/۰۵).

**جدول۳**- مقایسهٔ میانگین عملکرد رشد و تغذیه (میانگین±انحراف معیار) بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پودر جیرجیرک خانگی

| شاخص‌های رشد | سطوح جایگزینی پودر جیرجیرک (٪) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | شاهد | Ad25 | Ad50 | Ad75 |
| وزن اولیه (گرم) | ۵/۰۷ ± ۰/۳۱ | ۵/۳۱ ± ۰/۵۲ | ۴/۹۴ ± ۰/۰۸ | ۵/۰۷ ± ۰/۱۲ |
| وزن نهایی (گرم) | ۳۰/۵۰ ± ۰/۷۵$^{b}$ | ۳۳/۸۷ ± ۱/۲۳$^{c}$ | ۳۵/۴۲ ± ۱/۱۷$^{c}$ | ۲۶/۱۷ ± ۱/۷۱$^{a}$ |
| میزان بقا (درصد) | ۹۳/۲۲ ± ۵/۱۹ | ۸۹/۷۹ ± ۶/۷۴ | ۸۸/۱۹ ± ۵/۱۹ | ۸۴/۱۳ ± ۱/۸۲ |
| شاخص کبدی (درصد) | ۱/۱۶ ± ۰/۰۳ | ۱/۰۵ ± ۰/۰۲ | ۰/۹۸ ± ۰/۰۲ | ۰/۹۷ ± ۰/۰۶ |
| شاخص احشایی (درصد) | ۵/۱۷ ± ۰/۱۹ | ۵/۲۰ ± ۰/۳۱ | ۵/۱۹ ± ۰/۲۱ | ۵/۱۳ ± ۰/۳۱ |
| نرخ کارایی چربی | ۳/۳۹ ± ۰/۱۲$^{b}$ | ۳/۴۹ ± ۰/۱۷$^{b}$ | ۳/۵۵ ± ۰/۱۱$^{b}$ | ۳/۱۸ ± ۰/۰۹$^{a}$ |

* Ad: *Acheta domesticus*




**شکل ۱**- نمودار های مقایسهٔ افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پودر جیرجیرک خانگی

## ۳-۲. ترکیب بیوشیمیایی بدن

نتایج مربوط به آتعیین تقریبی بیوشیمیایی لاشهٔ بچه‌ماهیان در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد با افـزایش میـزان پـودر جیرجیرک از تیمار صفر تا ۵۰ درصد، مقدار پروتئین لاشه افزایش پیدا کرد و در تیمار ۷۵ درصد به‌حداقل مقدار رسید، به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). مقدار چربی لاشه در بین تیمارهای ۲۵ و ۷۵ درصد، اخـتلاف معنـی‌داری نشـان داد ($P<۰/۰۵$) ولی در سطوح جایگزین صفر و ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). نتایج حاصل از خاکستر لاشـه تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($P>۰/۰۵$). رطوبت لاشه از تیمار صفر درصد تا ۷۵ درصـد رونـد افزایشـی داشته و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد ($P<۰/۰۵$).

**جدول ۴**- مقایسهٔ میانگین (میانگین±انحراف معیار) ترکیب بیوشیمیایی بدن بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پودر جیرجیرک خانگی

| ترکیبات بیوشیمیایی بدن | سطوح جایگزینی پودر جیرجیرک(٪) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | شاهد Ad0 | Ad25 | Ad50 | Ad75 |
| پروتئین (درصد) | ۵۰/۱۶ ± ۲/۱۲$^{ab}$ | ۵۰/۵۶ ± ۱/۹۵$^{ab}$ | ۵۳/۵۵ ± ۲/۷۵$^{b}$ | ۴۸/۳۳ ± ۰/۶۹$^{a}$ |
| چربی (درصد) | ۲۵/۸۴ ± ۰/۶۳$^{ab}$ | ۲۶/۳۶ ± ۲/۴۹$^{b}$ | ۲۴/۸۷ ± ۱/۱۰$^{ab}$ | ۲۳/۱ ±۴۳ ۰/۸۷$^{a}$ |
| خاکستر (درصد) | ۰۸/۹۶ ± ۰/۱۷ | ۰۸/۶۱ ±۷۷ ۰/۵۹ | ۰۹/۰۲ ± ۰/۱۹ | ۰۹/۵۶ ± ۰/۵۶ |
| رطوبت (درصد) | ۶۸/۶۷ ± ۰/۳۱$^{a}$ | ۶۹/۱۵ ± ۰/۸۲$^{a}$ | ۷۰/۱۲ ± ۱/۸۹$^{ab}$ | ۷۲/۱ ±۸۲ ۱/۵۹$^{b}$ |

اعداد با حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی با یکدیگر است ($P<۰/۰۵$).

* Ad: *Acheta domesticus*

## ۳-۳. آنزیم‌های گوارشی

مقادیر آنزیم‌های گوارشی در جدول ۵ ارائه شده است. آنزیم پروتئاز بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$)، بالاترین و کمترین مقادیر پروتئاز به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰ درصد (۴/۵۶ ± ۹۶/۰۰ واحد بر کیلوگرم) و شاهد (۳/۶۹ ± ۵۲/۷۷ واحد بر کیلوگرم) مشاهده گردید. آنزیم لیپاز در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ($P<۰/۰۵$) درحالی‌که بین تیمار ۲۵ و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). آنزیم آمیلاز در تیمار شاهد بالاترین و در تیمار ۷۵ درصد کمترین مقدار را داشت که اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ($P<۰/۰۵$)، اما در بین تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

**جدول۵**- مقادیر آنزیم‌های گوارشی (واحد بر کیلوگرم) بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پودر جیرجیرک خانگی

| آنزیم‌های گوارشی | سطوح جایگزینی پودر جیرجیرک (٪) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | شاهد Ad0 | Ad25 | Ad50 | Ad75 |
| پروتئاز | ۵۲/۷۷ ± ۳/۶۹$^{a}$ | ۹۲/۰۰ ± ۳/۲۵$^{c}$ | ۹۶/۰۰ ± ۴/۵۶$^{c}$ | ۶۸/۳۲ ± ۵/۵۲$^{b}$ |
| لیپاز | ۱۵/۱۲ ± ۰/۳۹$^{c}$ | ۱۴/۲۱ ± ۰/۲۲$^{b}$ | ۱۲/۱۰ ± ۰/۳۰$^{a}$ | ۱۳/۹۳ ± ۰/۶۷$^{b}$ |
| آمیلاز | ۶۸۱/۶۷ ± ۵/۷۱$^{b}$ | ۷۹۲/۲۳ ± ۲۱/۶۹$^{c}$ | ۸۳۳/۲۲ ± ۷/۱۷$^{c}$ | ۳۷۹/۵۵ ± ۵/۷۹$^{a}$ |

اعداد با حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی با یکدیگر است ($P<۰/۰۵$).

* Ad: *Acheta domesticus*

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

مطالعات زیادی دربارهٔ جایگزینی پودرماهی با دیگر منابع پروتئینی گیاهی و جانوری صورت گرفته است که به‌دلیل وجود برخی ترکیبات ضدتغذیه‌ای در منابع پروتئین گیاهی، استفاده از منابع جانوری نتایج بهتری به‌دنبال داشته است (Galtin *et al*., 2007). در این مطالعه مصرف پودر حشره تا سطح ۵۰ درصد افزایش معنی‌دار فاکتورهای رشد را نشان داد. ضریب تبدیل غذایی از مهمترین فاکتورهای تغذیه‌ای است که نشان‌دهندهٔ مقدار مصرف غذا در برابر افزایش وزن بدن در طول دورهٔ آزمایش است. در این مطالعه استفاده از پودر جیرجیرک تا ۵۰ درصد منجر به روند کاهشی در ضریب تبدیل غذایی شد. اما این احتمال وجود دارد که در سطوح بالاتر به‌دلیل عدم هضم‌پذیری پروتئین موجود در پودر حشره توسط بچه‌ماهیان قزل‌آلا، مقدار مواد دفعی خروجی از مخازن نیز افزایش یافت به‌همین دلیل در سطوح بالاتر، افزایش ضریب تبدیل، کاهش نرخ رشد ویژه، کاهش ضریب چاقی و حداقل وزن‌گیری این امر مهم را اثبات می‌کند. همانند نتایج مطالعهٔ حاضر، افزایش مقدار فضولات در سطوح بالاتر جایگزینی، در مطالعات Balogun (۲۰۱۱) و Alegbeleye و همکاران (۲۰۱۲) در جایگزینی پودر ملخ در جیرهٔ گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias anguillaris*) مشاهده شد. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استفاده از مقادیر بالای جایگزینی پودر جیرجیرک موجب کاهش عملکرد رشد و افزایش ضریب تبدیل خواهد شد که با نتایج Asadi و همکاران (۲۰۲۲) در جایگزینی مطلوب پودر

ملخ صحرایی *S. gregaria* در جیره بچه‌ماهیان قزل‌آلا و همچنین مطالعهٔ Lock (۲۰۱۵) در جایگزینی پودر حشره در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) منطبق بود. در مطالعهٔ Wilfred و همکاران (۲۰۱۲) عملکرد رشد بچه‌ماهیان گربه‌ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) با جایگزینی ۲۵ درصدی پودر ملخ صحرایی (*Zonocerus variegatus*) به‌جای پودر ماهی، بالاترین نرخ رشد و کمترین ضریب تبدیل را داشت، به‌طوری‌که در سطوح بالاتر کاهش نرخ رشد مشاهده شد. در تحقیق Valipour و همکاران (2018) نیز در تیمار ۲۵ درصد جایگزینی پودر میلورم، بهترین عملکرد رشد مشاهده شد، اما برخلاف نتایج فوق، مطالعات Lock و همکاران (۲۰۱۶) و Taufek و همکاران (۲۰۱۶) در سطح جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر ماهی به‌ترتیب با پودر ملخ و مگس سرباز بهبود عملکرد رشد و تغذیه را مشاهده نمودند و در مطالعهٔ حاضر بالاترین عملکرد رشد در تیمار ۵۰ درصد مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد متفاوت بودن نتایج مطالعات، به‌دلیل تفاوت در گونهٔ ماهی، گونهٔ حشره مورد استفاده، نحوهٔ تغذیه و روش فرآوری حشره است (Tschirner and Simon, 2015). همچنین در مطالعهٔ Rust (۲۰۰۲) با افزایش سطح جایگزینی از سطح ۵۰ درصد به‌دلیل وجود اسکلت کیتینی در جیرجیرک‌ها، کاهش عملکرد رشد در بچه‌ماهیان قزل‌آلا مشاهده شد. احتمال دارد کاهش میزان رشد در ماهیانی که از سطوح بالاتر پودر حشرات استفاده می‌کنند با عوامل متعددی از جمله افزایش میزان پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای مانند کیتین، قابلیت هضم پایین مواد مغذی، ترکیب اسیدآمینه نامتوازن و میزان کم اسیدهای چرب غیراشباع در ارتباط باشد (Gasco *et al*., 2019).

میزان بقا، شاخص کبدی و احشایی نیز در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان نداد که با نتایج مطالعهٔ Asadi و همکاران (۲۰۲۲) و Alghada و همکاران (۲۰۲۳) همسو بود که احتمال دارد با طول مدت آزمایش ارتباط داشته باشد و به‌نظر می‌رسد پودر حشرات هیچ‌گونه عامل منفی برای تلف شدن ماهیان ایجاد نخواهد کرد. کارایی پروتئین و چربی در تیمار ۷۵ درصد، پایین‌ترین مقدار را داشت و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها ایجاد کرده بود که با مطالعهٔ Lock (۲۰۱۵) و Asadi و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت داشت، که می‌توان این گونه استدلال کرد که رشد اندک ماهی در تیمار۷۵ درصد می‌تواند به عدم توانایی هضم پروتئین و چربی موجود در جیره ارتباط داشته باشد که با مطالعهٔ Lebria و همکاران (۲۰۲۵) نیز همسو بود.

ترکیبا بیوشیمیایی بدن آبزیان به عوامل مختلفی مانند گونه، دمای آب، ژنتیک، وزن، مرحلهٔ رشد، ترکیبات جیرهٔ آزمایش و نحوه غذادهی بستگی دارد (Dumas *et al*., 2007). در مطالعهٔ حاضر با افزایش سطح جایگزینی پودر حشره با پودر ماهی درجیرهٔ غذایی، تا سطح ۵۰ درصد مقدار پروتئین لاشه روند افزایشی داشت، این شرایط با مطالعهٔ Wilfred و همکاران (۲۰۱۲) همسو بود که در آن با جایگزینی ۲۵ درصد پودر حشره بالاترین مقدار پروتئین لاشه مشاهده شد. افزایش پروتئین لاشه در تیمار ۵۰ درصد می‌تواند به‌دلیل نزدیکی پروفایل اسیدهای آمینه پودر جیرجیرک و پودر ماهی و اثرات ترکیبی اسیدآمینه‌های ضروری باشد و یا اینکه روند کاهش چربی لاشه در تیمار ۵۰ درصد، برای تأمین انرژی بوده که منجر به ابقای پروتئین در بافت ماهیان شده است (Tran *et al*., 2015). در نتایج حاصل از مطالعهٔ حاضر، مقدار چربی بدن در تیمار صفر و ۷۵ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشت که اختلاف معنی‌دار ایجاد کرده بود که برخلاف نتایج مطالعهٔ Alghada و همکاران (۲۰۲۳) بود که در آن با افزایش سطوح جایگزینی میزان چربی نیز بدن افزایش یافته بود. اما میزان رطوبت لاشه در تیمارها روند صعودی را نشان داد و با مطالعهٔ Moyo و Rapatsa (۲۰۱۷) مطابقت داشت، که در آن کاهش معنی‌دار چربی بدن در تیمار۱۰۰ درصد جایگزینی پودر مگس سرباز، در گونهٔ ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) مشاهده شد. در برخی گزارش‌ها آمده است که ارتباط معکوسی بین میزان چربی و رطوبت بدن ماهیان وجود دارد (Vargas *et al*., 2008). در تحقیق حاضر نیز کمترین میزان چربی لاشه در تیمار ۷۵ درصد و بیشترین میزان رطوبت در همین تیمار مشاهده شد. در مقدار خاکستر نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت که با نتایج پژوهش‌های Lebria و همکاران (۲۰۲۵) و Sanchez و همکاران (۲۰۱۳)، مطابقت داشت. مطابق نتایج آزمایش‌های مربوط به آنزیم‌های هضمی، بالاترین میزان پروتئاز و آمیلاز، در تیمار ۵۰ درصد جایگزینی پودر جیرجیرک مشاهده شد. پیش‌بینی می‌شود رشد بهتر بچه‌ماهیان در این سطح جایگزینی، به‌دلیل هضم و جذب بهتر پروتئین و کربوهیدرات باشد. اما فعالیت آنزیم‌های هضمی در تیمار ۷۵ درصد به‌حداقل رسید که می‌توان این‌گونه برداشت کرد که ترکیبات کیتینی موجود در پوستهٔ حشراتی مانند ملخ و جیرجیرک اجازهٔ هضم بیشتر را نداده و در نتیجه ماهیان با روند کاهشی رشد مواجه شده‌اند، چرا که

حداقل رشد و بالا بودن ضریب تبدیل در تیمار ۷۵ درصد این احتمال را تأیید می‌کند. در مطالعهٔ Jozefiak و همکاران (۲۰۱۹) نیز فعالیت آنزیم پروتئاز در تیمار ۵۰ درصد بالاترین و در تیمار ۱۰۰ درصد کمترین مقدار را داشته‌اند. فرآیند هضم کیتین توسط آنزیم کیتیناز صورت می‌گیرد که تا حد زیادی به گونهٔ ماهی و آنزیم‌های همزیست در رودهٔ آنها بستگی دارد و در ماهیان مختلف مقادیر هضم آنها متفاوت است (Katya *et al.*, 2017).

## ۵. نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد، استفاده از پودر جیرجیرک خانگی به‌جای پودر ماهی تا سطح ۵۰ درصد، موجب بهبود عملکرد رشد، شاخص‌های کارایی غذا و همچنین کیفیت لاشهٔ ماهیان می‌شود. در نتیجه می‌توان از پودر جیرجیرک خانگی به‌عنوان منبع پروتئین پایدار و مفید برای جایگزینی پودر ماهی حداقل در مراحل لاروی و بچه‌ماهی تا قبل از رسیدن به وزن پرواری استفاده نمود.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان مقاله، از مدیرعامل شرکت نوین رشد نادین، کارشناسان و پرسنل مزرعهٔ پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تنکابن (دو هزار)، بابت مساعدت در انجام این پژوهش تشکر و سپاسگزاری می‌نماید.

## تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

## References

Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O., Otubu, K., Jimoh, W., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture* 43, 412-420. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02844.x

Alghada, D., Ebrahimi, D.E., Keivany, Y., Jalali, A.H., 2023. Evaluation of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, Insecta, Tenebrionidae) meal as a dietary protein source in Asian Seabass

(*Lates calcarifer*) based on growth and some biochemical parameters. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 22(3), 566-587. DOI: 10.22092/ijfs.2023.129339 (In Persian)

AOAC, 2016. Official Methods of Analysis, 20th ed. (Editor: Dr. George W.Latimer, Jr) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA. 3172 p.

Asadi, H., Khoshkholgh, M.R., Noverian, H., Safari, R., Gheytasi, A., 2022. Evaluation of growth, immunity and blood serum hematology indicators in the diet of rainbow trout fingerling (*Oncorhynchus mykiss*) based on locust meal (*Locusta migratoria*). *Journal of Fisheries* 75(4), 521-533. (In Persian)

Balogun, B.I., 2011. Growth performance and feed utilization of *Clarias gariepinus* (Teugels) fed different dietary levels of soaked *Bauhinia monandra* (Linn.) seed meal and sun-dried locust meal (*Schistocerca gregaria*). Unpublished Ph.D Thesis, Ahmadu Bello University, Zaria. DOI: 10.1007/s10126-012-9462-3

Dedeke, G. A., Owa, S.O., Olurin, K., Akinfe, A., Awotedu, O., 2013. Partial replacement of fih meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets for Afrian catfish, *Clarias gariepinus*. *International Journal Fisheries and Aquaculture* 9, 229-233. DOI: 10.5897/IJFA2013. 0354

Dumas, A., De Lange, C.F., France, J. and Bureau, D.P., 2007. Quntitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 273, 165-181. DOI: 10.1016/j.2007.09.026

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2017. Contributing to Food Security and Nutrition for All. FAO, Rome, 200P. DOI: 10.1016/j.marpol.2018.12.009

Garcia-Carreno, F.L., Haard, N.F., 1993. Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. *Journal of Food Biochemistry* 17(2), 97113. DOI: 10.1111/j.1745-4514.1993.tb00864

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Wilson Wurtele, E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research* 38, 551-579. DOI: 10.1007/s10126-012-9462-3

Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Lussiana, C., Antonopoulou, E., Mola, P., Chatzifotis, S., 2019. *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology* 220, 34-45. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.07.003

Harsij, H., Adineh, H., Maleknejad, R., Jafaryan, H., Asadi, M., 2019.The use of live mealworm (*Tenebrio molitor*) in diet of rainboe trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect on growth performance and survival, nutritional efficiency, carcass compositions and intestinal digestive enzymes. Journal of Fisheries Science and Technology 8(3), 137-143. DOI: JFST. 2019. 6-29053 (In Persian)

Hilaire, S., Sheppard, C., Newton, L., Mosley, E., Sealey, W., 2007. Fly prpupe as a feedstuff rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 59-67.

Harinder, P.S., Makkar., Gilles, T., Valerie, H., Philippe, A., 2014. State othe art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197:1-33. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

Iijima, N., Tanaka, S., Ota, Y., 1998. Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Physiology and Biochemistry* 18(1), 59-69. DOI: 10.1023/A:1007725513389

Jozefiak, A., Nogales-Mérida, S., Rawski, M., Kieronczyk, B., Mazurkiewicz, J., 2019. Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *BMC Veterinary Research* 15, 1-11.

Katya, K., Borsra, M.Z.S., Ganesan, D., Kuppusamy, G., Herriman, M., Salter, A., Ali, S.A., 2017. Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in freshwater. *International Aquatic Research* 9, 303-31. DOI: 10.1007/s40071-017-0178-x

Lebria, A., Ershad Langroudi, H., Sajjadi, M., Pajand, Z., 2025. Effect of different levels of superworm larvae meal (*Zophobas morio*) in diet on growth performance and carcass chemical composition of juvenile stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*). *Journal of Aquaculture Development* 19(3), 49 -65 DOI: 10.71901/jad -2025 -3 -87

Lock, E.R., Arsiwalla, T., Waagbo, A., 2015. Insect larvae meal as an atlternative source of nutrients in the diet atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition* 130, 122-134. DOI: 10.1111/anu.12343

Nogales, S., Jover cerda, M., liorens, S., Vidal, A., 2011. Study of partical replacement of fish meal with sunflower meal on growth, amino acid retention, and body composition of sharp snout sea bream. *Diplodus puntazzo*. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41, 47-54. DOI: 10.3750/AIP2011.41.1.07

N.R.C (National Research Council). 2011. Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C 450 p. DOI: 10.1007/s10499-011-9480-6

Oliva-Teles, A., Enes, P., Peres, H., 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish, Feed and Feeding Practice in Aquaculture. Woodhead Publishing, Cambridge, 1250 p. DOI: 10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8

Owens, Ch.Powell, M. Gaylord, G. Conley, Z. Sealey, W., 2024. Investigation of the suitability of 3 insect meals as protein sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Economic Entomology* 117(4), 1254-1260. DOI: 10.1093/jee/toae037

Rapatsa, M.M., Moyo, A.G., 2017. Evaluation of Imbrasiabelina meal as a fishmeal substitute in *Oreochromis mossambicus* diets: Growth performance, histologicalanalysis and enzyme activity. *Aquaculture Reports* 5, 18-26. DOI: 10.1016/j.aqrep.2016.11.004

Riddick, E.W., 2014. Insect protein as partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. Invertebrates and Entomopathogens. Academic Press, San Diego, USA, pp. 565-582. DOI: 10.1016/B978-0-12-391453-8.00016-9

Rust, M.B., 2002. Nutritional physiology. In: Fish Nutrition, the Academic Press, New York, USA, pp. 368-446. DOI:10.1016/B978-012319652-1/50008-2

Taufek, N.M., Aspani, F., Muin, H., Raji, A., Razak, Sh., Alias, Z., 2016. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Fish Physiology and Biochemistry* 18, 51-94. DOI 10.1007/s10695-016-0204-8

Torestensen, B.E., Esp, M., Sanden, M., Stubhaug, I., Waagba, R., Hemre, G.I., Berntssen, M.H.G., 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture* 285, 193-200. DOI: 10.1016/j.2008.08.025

Tran, G., Heuze, V., Makkar, H.P.S., 2015. Insects in fish diets. *Animal Frontiers* 5, 37-44. DOI:10.2527/af.2015-0018

Tschirner, M., Simon, A., 2015. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food* 1(3), 1-12. DOI:10.3920/JIFF2014.0008

Vargas, R.J., Guimaraes, S.M., Kessler, A.M., Baggio, B., 2008. Replacement of fish oil with vegetable oils in diets for jundia: Effect on performance and whole body fatty acid composition. *Aquaculture Research* 39, 657-665. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2008

Valipour, M., Oujifard, A., Hosseini, A., Sotoudeh, E., Bagheri, D., 2018. Effect of dietary replacement of fish meal by Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae meal on growth performance, hematological indices and some of non-specific immune responses of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Scientific Fisheries Journal* 28(4), 13-25. DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118906 (In Persian)

Wilfred, O.A., Obasa, S., Otuba, K., J., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus)* for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research* 43, 412-420. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02844

Worthington Biochemical Corporation, 1993. Worthington enzyme manual. Enzymes and related biochemical. Lakewood. New Jersey.